Mémoire n° 92

FERTILISATION D'UNE JEUNE PLANTATION DE PIN GRIS DU NORD-OUEST QUÉBÉCOIS. RÉSULTATS DE DIX ANS

par G. Sheedy

recherche

89-01426/

GILLES SHEEDY a fait ses études à la Faculté de foresterie et de géodésie de l'Université Laval où il obtenait son baccalauréat en foresterie en 1969. Il est depuis à l'emploi du ministère de l'Énergie et des Ressources, à titre de chargé de recherches en fertilisation des forêts. L'Université Laval lui a décerné en 1976 le diplôme de Maître ès Sciences forestières.

AVERTISSEMENT

SHEEDY, Gilles, 1987. "Fertilisation d'une jeune plantation de pin gris du Nord-Ouest québécois. Résultats de dix ans". Dir. de la R & D, Mémoire n° 92.

On notera que "l'échantillonnage et le remesurage de 1985" mentionnés dans le texte ont été effectués à l'automne 1984 et qu'ils ont été compilés en 1985. Les résultats présentés dans ce rapport sont donc bien des résultats décennaux (1975-1984 inclusivement).

Depuis de nombreuses années, chacun des *Mémoires* et des autres rapports publiés par la Recherche forestière est revisé par un comité *ad hoc* d'au moins trois membres recrutés aussi bien à l'intérieur du Ministère que dans le milieu universitaire, la fonction publique fédérale ou les autres milieux de la recherche. Les responsables de la Recherche remercient les scientifiques qui ont accepté bénévolement de revoir le texte présenté ici et de participer ainsi à la diffusion des résultats des recherches menées au ministère de l'Énergie et des Ressources.

FERTILISATION D'UNE JEUNE PLANTATION DE PIN GRIS DU NORD-OUEST RÉSULTATS DE DIX ANS

par

GILLES SHEEDY, ing.f., M.Sc.F.

MÉMOIRE N° 92

SERVICE DE L'AMÉLIORATION DES ARBRES
DIRECTION DE LA RECHERCHE ET DU DÉVELOPPEMENT
MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES
1987

Ce texte est un rapport partiel du projet de recherche TS 77-2: Recherche sur la fertilisation des plantations résineuses établies.

ISBN 2-550-17624-3
Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à souligner la précieuse collaboration de M. Conrad Thomassin, tech, f., responsable de l'équipe qui a établi, fertilisé et mesuré ces dispositifs.

Des remerciements sincères s'adressent particulièrement à MM. Yvon Richard et Mario Ménard, ingénieurs forestier, pour leur aide judicieuse dans la compilation mécanographique et l'analyse statistique des données, ainsi qu'au personnel du laboratoire des sols et des tissus qui a procédé à l'analyse des échantillons prélevés pour cette étude.

Je tiens à remercier aussi tous ceux qui ont contribué à la dactylographie, à la correction et à la réalisation de ce rapport.

RÉSUMÉ

La fertilisation a eu un impact significatif sur la croissance de cette jeune plantation de pin gris. C'est l'azote qui a le plus stimulé la croissance des arbres. Les additions de phosphore et de potassium combinées à l'azote ont eu des effets inférieurs à ceux de l'azote seul.

Le meilleur traitement consiste à appliquer 150 kg/ha d'azote. Dix ans après la fertilisation, les arbres qui ont reçu ce traitement sont plus hauts de 73 cm (15 p. 100) et plus gros (1,72 cm soit 29 p. 100) et leur volume total est supérieur à celui des arbres témoins de plus de 6 dm^3 (73 p. 100). Ces arbres ont ainsi gagné une classe de fertilité. Il existe aussi une différence significative entre les résultats de croissance obtenus avec ce traitement et ceux obtenus pour les traitements témoin et phosphore seul.

En général, l'état de santé des arbres est satisfaisant. Les engrais n'ont pas eu d'effets marqués à ce niveau. En moyenne le taux de mortalité des arbres pour la période de dix ans est de 5 p. 100 et près de 14 p. 100 des pins gris présentent des dommages sur la tige (présence d'insectes 2 p. 100, symptômes de déficiences 4 p. 100, blessures sur la pousse annuelle 8 p. 100).

SUMMARY

Results presented here show that fertilization had marked effects on growth of this young jack pine plantation. Nitrogen is the element that caused the greatest stimulation of growth. The additions of P and K with N had smaller effects than N alone. The best results were obtained with the application of 150 kg/ha N. Ten years after fertilization, trees fertilized with this treatment are taller (73 cm or 15 p. 100) and bigger (1,72 cm or 29 p. 100) and their total volume is superior to the control by more than 6 dm^3 (73 p. 100). These trees have gained one fertility class and these results are significantly different from control and P treatments.

Fertilization represented a good option to stimulate growth of this plantation.

There are no marked effects of the fertilizer on health of this plantation. After ten years, 5 p. 100 of the trees are dead and 14 p. 100 show damages on the stem (insects 2 p. 100, deficiency 4 p. 100, annual shoot damages 8 p. 100).

TABLE DES MATIÈRES

	page
REMERCIEMENTS	iii
RÉSUMÉ	v
SUMMARY	vii
TABLE DES MATIÈRES	ix
LISTE DES TABLEAUX	xi
LISTE DES FIGURES	xiii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I - MATÉRIEL ET MÉTHODE	3
Description de la station	3
Dispositifs expérimentaux	3
Traitements de fertilisation	5
Mesurage et échantillonnage des dispositifs	5
CHAPITRE II - RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	9
Résultats des analyses du sol et des tissus foliaires	9
Résultats des mesures dendrométriques	10
Observations sur l'état de santé des arbres	18
CONCLUSION	21
RÉFÉRENCES	23

LISTE DES TABLEAUX

		page
Tableau 1	Localisation et caractéristiques décrivant les conditions de sol et de climat de la plantation étudiée	4
Tableau 2	Traitements de fertilisation	6
Tableau 3	Hauteur, croissance en hauteur, diamètre et volume total moyen d'une tige. Résultats par traitement et par groupe de traitements	13
Tableau 4	Résultats des analyses de variance et de covariance effectuées sur les données dendrométriques décennales par dispositif	17
Tableau 5	Nombre d'arbres montrant des signes de blessures, de déficience et de présence d'insectes, et mortalité par traitement et par groupe de traitements	19

LISTE DES FIGURES

page

Figure 1 Augmentation de la hauteur moyenne d'une tige par groupe de traitements par rapport à la hauteur moyenne des arbres témoins 11

Figure 2 Volume total moyen d'une tige par groupe de traitement et par répétition (dispositif B) . . . 14

Figure 3 Séparation des moyennes (volume total moyen d'une tige) à l'aide du test de Duncan 16

INTRODUCTION

Le pin gris a toujours été l'une des principales essences de reboisement au Québec; ainsi, sur les terres publiques, plus du tiers des plants mis en terre en 1985 étaient des pins gris (Fortin et Paquet, 1986).

On sait par ailleurs que cette essence réagit bien à la fertilisation en forêt naturelle (Weetman et Fournier, 1974; Morrison *et al.*, 1976; Camiré et Bernier, 1981; Krause *et al.*, 1982). Les résultats préliminaires de fertilisation sur des plantations de pin gris semblent prometteurs (Sheedy 1982 et 1986). Sauf dans les pépinières, la fertilisation est une technique qui est encore très peu utilisée en foresterie au Québec. Elle est cependant susceptible d'être utilisée de plus en plus au cours des prochaines années en raison de la demande croissante pour le bois et du fait que la fertilisation est un des moyens les plus prometteurs pour stimuler la production de cette ressource (Anonyme, 1983).

Mais avant de fertiliser les plantations sur une base opérationnelle, il nous reste encore à répondre à beaucoup de questions. Ainsi, dans quelle mesure ce traitement sera-t-il efficace pour une plantation d'un âge donné et sur une station donnée? Quelle sera la rentabilité de ce traitement? Quel type et quelle quantité d'engrais faut-il appliquer? C'est à ce genre de questions que le Service de l'amélioration des arbres a tenté

de répondre en entreprenant dès 1975, en collaboration avec plusieurs gestionnaires des forêts publiques et privées, un projet de fertilisation des plantations de pin gris. Ce projet a par la suite été intégré au programme de fertilisation des plantations.

Ce rapport présente les premiers résultats décennaux de croissance pour deux dispositifs de fertilisation établis dans le cadre de ce projet. Ces dispositifs concernent une plantation de pin gris âgée de six ans au moment de la fertilisation.

CHAPITRE I

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Description de la station

La plantation étudiée a été établie en 1969 dans un ancien bûcher et à la suite d'un feu. Elle est située dans le rang VI du canton de Lignéris, circonscription électorale d'Abitibi-Ouest. Cette région fait partie de la section forestière B.4 (Argiles du Nord) de Rowe (1972). Selon la Carte de possibilité des terres pour la forêt (Environnement Canada, 1975), cette plantation fait partie de la classe de fertilité 4 et comporte des limitations modérément graves pour la croissance, dont un faible niveau de fertilité. Les principales caractéristiques de cette plantation sont présentées au tableau 1.

Dispositifs expérimentaux

Cette plantation a fait l'objet de deux dispositifs expérimentaux de fertilisation. Le premier dispositif (A) comprend 80 placettes de 100 m^2 soit huit répétitions de dix traitements. Le dispositif B comprend quant à lui le même nombre de traitements avec seulement quatre répétitions soit 40 placettes. Ces deux dispositifs ont été établis en mai 1975.

TABLEAU 1

LOCALISATION ET CARACTÉRISTIQUES DÉCRIVANT LES CONDITIONS DE SOL ET DE CLIMAT DE LA PLANTATION ÉTUDIÉE

Localisation:	Canton de Lignéris, rang VI	
Latitude nord:	48°56'30"	
Longitude ouest:	78°27'15"	
Altitude:	305 m	
Type de sol:	Podzol humo-ferrique	(Commission Can. 1978)
Texture:	Sable	
Dépôt:	Fluvio-glaciaire	(Environnement Canada 1975)
Drainage:	Rapide	(Environnement Canada 1975)
Température annuelle moyenne:	0,9°C	(Houde, 1978)
Nombre de jours sans gel:	80	(Houde, 1978)
Degrés-jours:	1220-1280	(Thibault, 1985)
Indice d'aridité:	100-150	(Thibault, 1985)
Précipitations:	838 mm	(Houde, 1978)
Région écologique:	8C1 Basses-Terres d'Amos	(Thibault, 1985)
Plantation:	Printemps 1969, plants à racines nues, espacement 2,0 sur 2,0 m	
Hauteur initiale (1978):	1,1 m	
Qualité de station:	3,5 m à 15 ans	(Bolghari et Bertrand, 1984)

Traitements de fertilisation

Les engrais appliqués étaient l'urée, le triple superphosphate et le chlorure de potassium seul ou en combinaison et à différents niveaux (tableau 2). Les engrais ont été appliquées uniformément sur toute la surface des placettes (0,01 ha) à l'aide d'épandeurs portatifs. Les traitements de fertilisation ont été choisis au hasard par répétition et pour chaque dispositif.

Mesurage et échantillonnage des dispositifs

Un échantillonnage du sol a été réalisé lors de l'établissement des dispositifs expérimentaux en 1975. De plus, des échantillonnages foliaires ont été effectués dans chaque placette (trois échantillons par placette) en septembre 1975, 1977, 1979 et 1985. Tous les échantillons ont été préparés et analysés selon les méthodes courantes du laboratoire (Walsh, 1971). Lors de la préparation des échantillons, une partie des aiguilles a été mesurée (longueur moyenne de 25 aiguilles) et pesée (masse totale sèche de 200 aiguilles) pour chaque placette.

La hauteur et le diamètre (à 1,22 m de hauteur) des arbres du centre de chacune des placettes (quatre arbres) ont été mesurés en mai 1975 et en septembre 1975, 1977, 1979 et 1985. La présence de défauts (tiges courbées ou fourchues) et de blessures sur les tiges (causées par la neige, le verglas, les insectes, les maladies, etc...) a été notée lors des mesurages.

Les données mesurées ont été compilées électroniquement pour déterminer les accroissements en hauteur, le diamètre et le volume total.

TABLEAU 2
TRAITEMENTS DE FERTILISATION

Traitement[1] n°	Quantité d'élément kg/ha		
	N	P	K
1 (A et B)	0	0	0
2 (B)	50	0	0
3 (A)	75	0	0
4 (B)	100	0	0
5 (B)	150	0	0
6 (B)	250	0	0
7 (B)	0	50	0
8 (A)	0	75	0
9 (B)	0	100	0
10 (B)	0	150	0
11 (B)	0	200	0
12 (A)	50	50	50
13 (A)	75	75	75
14 (A)	75	75	25
15 (A)	75	75	0
16 (A)	100	100	100
17 (B)	100	100	0
18 (A)	150	150	25
19 (A)	75	150	25

[1] Les dispositifs expérimentaux sont identifiés par les lettres A et B entre parenthèses.
[2] Urée: 46 p. 100 N.
[3] Tsp: triple superphosphate (45 p. 100 P_2O_5).
[4] KCl: Chlorure de potassium (61 p. 100 K_2O).

Des analyses statistiques (analyses de variance et de covariance) complètent ces compilations ainsi que le test de séparation des moyennes de Duncan. La hauteur initiale a été ajustée par covariance.

CHAPITRE II

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Résultats des analyses du sol et des tissus foliaires

Les résultats de ces analyses ainsi que ceux des mesures prises sur les aiguilles ont été discutés lors de la présentation des résultats de cinq ans (Sheedy, 1982). Globalement, ces résultats indiquent que le sol qui supporte cette plantation présente un faible niveau de fertilité, particulièrement en ce qui a trait aux éléments N, P, K, Mg et Ca. Ce sont des sols légers de la classe texturale des sables. Ils présentent une faible capacité de rétention en eau et en éléments nutritifs. La fertilisation a eu des effets marqués sur les concentrations en éléments des aiguilles ainsi que sur la masse et la longueur de ces dernières. Il existe d'ailleurs des corrélations positives et significatives entre ces résultats et ceux des mesures dendrométriques de cinq ans. C'est l'azote qui a eu le plus d'impact favorable sur le feuillage de cette plantation. Le meilleur traitement (150 kg/ha d'N) a permis d'augmenter les concentrations en N, P et K des aiguilles de 1975 de 14 p. 100 et ces dernières étaient 42 p. 100 plus longues et 68 p. 100 plus lourdes que celles des arbres témoins. Ces effets des engrais au niveau du feuillage se sont toutefois rapidement atténués par la suite.

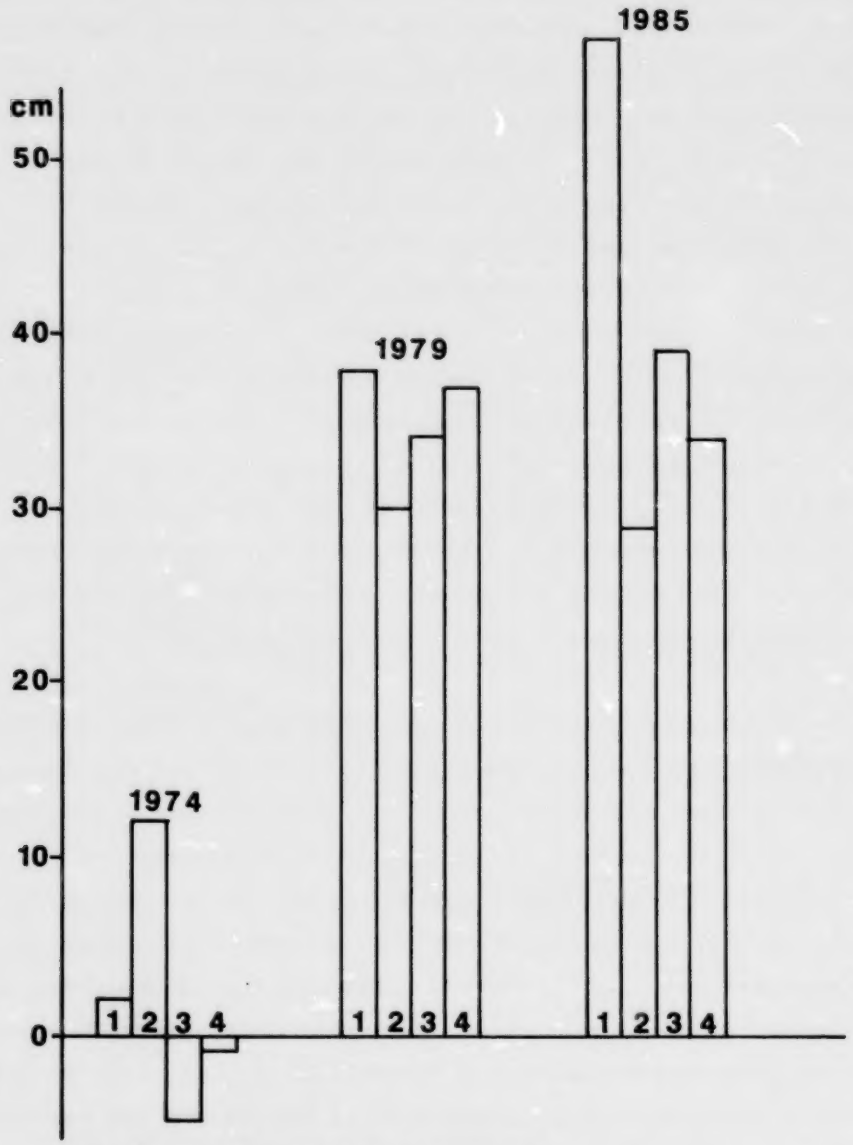
Ainsi, après trois ans, la plupart des concentrations en éléments provenant des arbres fertilisés étaient semblables à celles des arbres témoins.

Résultats des mesures dendrométriques

Les résultats décennaux des mesures dendrométriques sont présentés au tableau 3 par traitement et par groupe de traitements pour l'ensemble des deux dispositifs étudiés. Ce tableau montre clairement les effets positifs de la fertilisation sur la croissance de cette jeune plantation. Ce sont les arbres fertilisés avec les traitements N qui présentent les meilleurs résultats de croissance. Ainsi, la hauteur, la croissance en hauteur, le diamètre et le volume moyen des arbres qui ont reçu ces traitements sont supérieurs à ceux des autres arbres. Par exemple, le volume total moyen d'une tige pour les arbres fertilisés avec les traitements N est en moyenne supérieur à celui des arbres témoins de plus de 3,4 dm^3, soit une augmentation de 34 p. 100. Les deuxièmes meilleurs traitements sont ceux qui comprennent l'application combinée des éléments N, P et K (21 p. 100 supérieur au témoin).

On peut mieux visualiser cet effet de l'azote sur la croissance des arbres à l'examen de la figure 1 qui présente l'augmentation de la hauteur moyenne d'une tige par groupe de traitements par rapport à la hauteur moyenne des arbres témoins. Cette figure montre en effet que l'écart entre la hauteur des arbres fertilisés avec les traitements N et celle des arbres témoins a considérablement augmenté entre 1974 et 1985.

Les résultats de croissance par traitement (tableau 3) montrent que la quantité optimale d'azote à appliquer sur cette plantation est de 150 kg/ha; celles en P et en K sont de l'ordre de 75 kg/ha. Les arbres fertilisés avec le meilleur traitement (150 kg/ha N) présentent après dix ans un volume total moyen



1: Traitements azotés regroupés
2: Traitements phosphatés regroupés
3: Traitements NP regroupés
4: Traitements NPK regroupés

Figure 1: Augmentation de la hauteur moyenne d'une tige par groupe de traitements par rapport à la hauteur moyenne des arbres témoins

supérieur à ceux du témoin de plus de 6 dm^3 soit une augmentation de plus de 73 p. 100. Ces résultats montrent que la fertilisation a stimulé la croissance de cette plantation. Par contre, l'examen des résultats par répétition montre que ceux-ci varient fortement d'une placette à l'autre et qu'il existe beaucoup d'interactions (tableau 4 et figure 2). Il est évident aussi que les résultats des analyses de variance effectuées sur ces données ont été affectés par ces fortes variations (tableau 5). Ainsi, l'interaction traitement x répétition y est partout significative et dans le cas du dispositif B il n'existe aucune différence significative entre les résultats par traitement. De telles différences existent cependant pour les résultats du dispositif A (sur la croissance en hauteur, le diamètre et le volume total). Le fait qu'il n'y ait que quatre répétitions dans le dispositif B s'ajoute aux fortes variations observées et explique ce manque de différence significative.

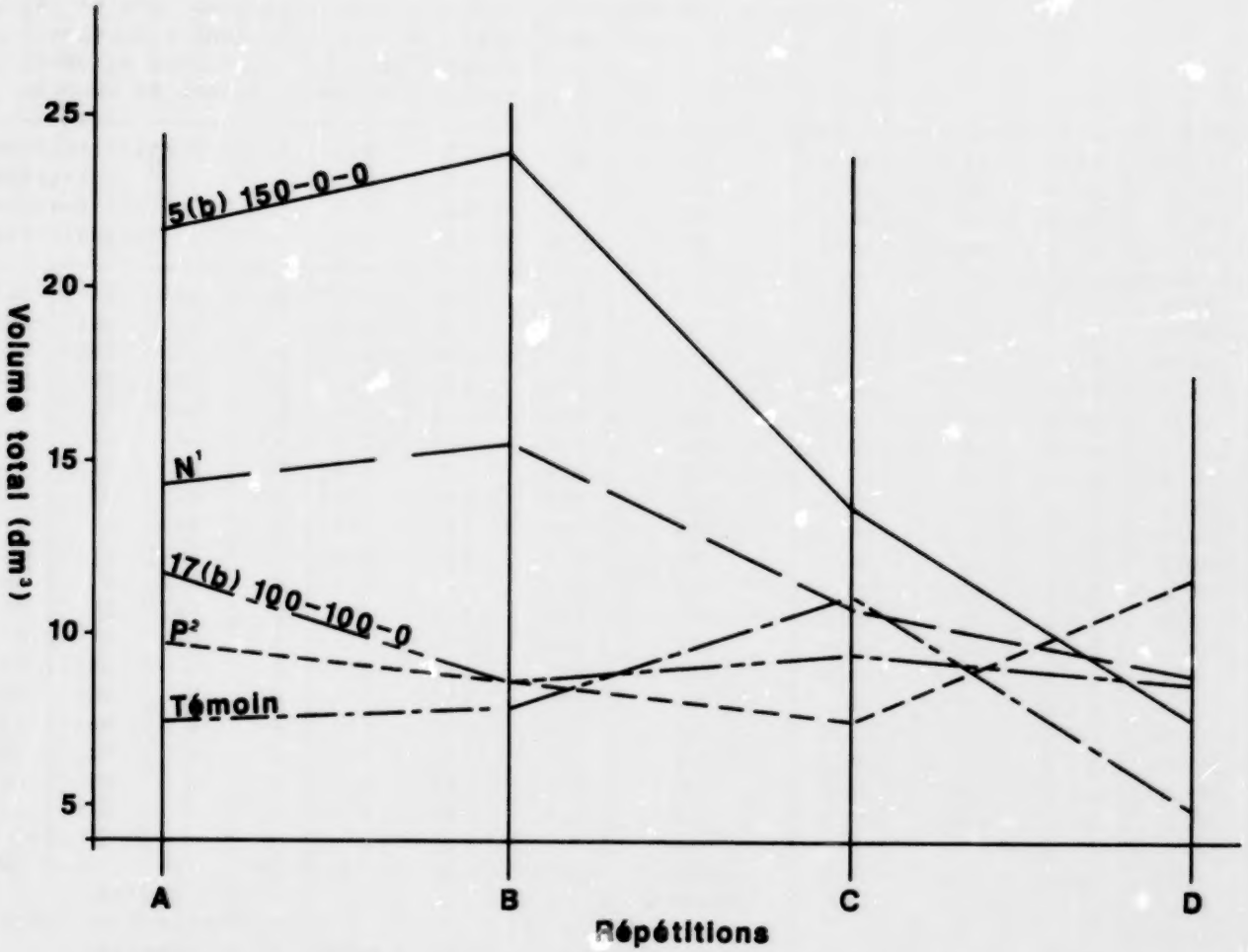
Il ne faut pas oublier aussi que le nombre d'arbres mesurés par placette est faible, ce qui augmente d'autant le risque de variations entre ces dernières. L'analyse par covariance est plus révélatrice et permet de montrer des différences significatives entre les traitements dans les deux dispositifs (tableau 5). Ce dernier procédé permet en effet d'éliminer l'interaction causée par les variations initiales de la hauteur des arbres. Ainsi pour le dispositif A, les résultats de cette analyse montrent des différences significatives entre les traitements pour toutes les variables (hauteur, croissance en hauteur, diamètre et volume total) alors que dans le dispositif B, on obtient des différences significatives entre les traitements sur le diamètre et le volume total. Il existe aussi des différences significatives entre les résultats par répétition (dispositif A) mais l'interaction traitement x répétition n'est plus significative.

TABLEAU 3

HAUTEUR, CROISSANCE EN HAUTEUR, DIAMÈTRE ET VOLUME TOTAL MOYEN D'UNE TIGE. RÉSULTATS PAR TRAITEMENT ET PAR GROUPE DE TRAITEMENTS

Traitement Quantité d'éléments (kg/ha)				Hauteur moyenne (cm)			Croissance en hauteur (cm)	Diamètre moyen (cm)[2]			Volume[3] total (dm^3)
N°	N	P	K	1974	1979	1985[4]		1977	1979	1985	1985
1	0	0	0	115	288	475	332	1,75	3,04	5,86	8,36
2B	50	0	0	111	328	525	373	2,08	3,56	6,83	11,46
3A	75	0	0	111	319	521	382	1,90	3,41	6,78	10,99
4B	100	0	0	123	322	533	382	2,15	3,62	6,68	10,96
5B	150	0	0	128	348	548	395	2,84	4,02	7,58	14,47
6B	250	0	0	118	322	550	399	2,65	4,14	7,12	12,40
7B	0	50	0	132	324	482	330	1,89	3,32	5,73	7,83
8A	0	75	0	120	314	478	339	2,20	3,42	5,97	8,55
9B	0	100	0	118	312	492	340	1,86	3,38	6,23	9,23
10B	0	150	0	148	330	492	341	2,39	3,73	5,68	8,58
11B	0	200	0	122	314	504	352	2,03	3,50	6,53	10,02
12A	50	50	50	107	309	492	353	2,20	3,32	6,02	9,54
13A	75	75	75	113	330	513	374	2,22	3,68	6,48	10,08
14A	75	75	25	112	312	508	369	1,90	3,19	6,75	10,88
15A	75	75	0	107	319	508	368	1,92	3,33	6,24	9,51
16A	100	100	100	118	330	505	376	2,37	3,88	6,52	10,18
17B	100	100	0	116	329	528	375	2,26	3,52	6,32	10,26
18A	150	75	25	113	332	520	381	2,44	3,90	6,67	10,90
19A	75	150	25	120	336	512	373	2,41	3,81	6,16	9,48
N(2+3+4+5+6)				117	326	532	385	2,25	3,69	6,94	11,80
P(7+8+9+10+11)				127	318	487	340	2,09	3,46	5,99	8,75
NP(15+17)				110	322	514	370	2,03	3,39	6,27	9,75
NPK(12+13+14+16+18+19)				114	325	509	371	2,26	3,63	6,43	10,16

[1] Moyenne de quatre plants par répétition
[2] Diamètre mesuré à 1,22 m de hauteur
[3] $0,0024179+0,000033241\ D^2H\ (m^3)$ (Bertrand, 1987)
[4] Les valeurs de 1985 sont des valeurs ajustées par covariance



N¹ : moyenne pour les traitements 2b, 3a, 4b, 5b, et 6b
P² : moyenne pour les traitements 7b, 8a, 9b, 10b et 11b

Figure 2: Volume total moyen d'une tige par groupe de traitements et par répétition (dispositif b)

A partir des résultats obtenus par covariance, nous avons utilisé le test de Duncan (Kirk, 1968) pour séparer les moyennes et déterminer statistiquement les meilleurs traitements (figure 3). Dans le dispositif A, les meilleurs résultats pour le volume total des arbres ont été obtenus avec le traitement 75 kg/ha N (3A). Ainsi, le volume total moyen des arbres qui ont reçu ce traitement est significativement différent de ceux obtenus avec les traitements témoin et 0-75-0 (8A) (figure 3). Dans le dispositif B, tel que mentionné précédemment, c'est le traitement 150 hg/ha N (5B) qui présente les meilleurs résultats de croissance. Ainsi les arbres qui ont reçu ce traitement ont, après dix ans, un volume total moyen significativement différent de ceux qui ont reçu les traitements 7B, 10B, 1A et B et 9B (figure 3).

Tous ces résultats confirment donc clairement les effets significatifs de la fertilisation azotée sur la croissance des pins gris de cette plantation. Ce qui peut surprendre dans cette réaction, c'est que les meilleurs résultats ont été obtenus avec l'addition d'azote seul alors qu'au départ, les résultats de l'analyse du sol montraient une déficience quasi générale en éléments minéraux. D'ailleurs, ces résultats diffèrent de ceux obtenus sur des sols semblables pour des plantations de pin gris du centre du Québec (Sheedy, 1986). Dans ce dernier cas, les meilleurs traitements comprenaient des applications des éléments N et K combinés, K et N-P-K. Rappelons cependant que même si les résultats obtenus avec les traitements comprenants l'application combiné des éléments N, P et K sont inférieurs à ceux obtenus avec N seul, il n'y a aucune différence significative entre ces résultats. Notons aussi que les traitements comprenant les éléments N-P-K pourraient avoir des effets plus durables sur la croissance des arbres que ceux qui ne comprennent que de l'azote.

Le coût de l'ajout de 150 kg/ha d'azote serait de l'ordre de 300 $/ha (achat et application) et à partir des

FIGURE 3

SÉPARATION DES MOYENNES (VOLUME TOTAL MOYEN D'UNE TIGE)
A L'AIDE DU TEST DE DUNCAN

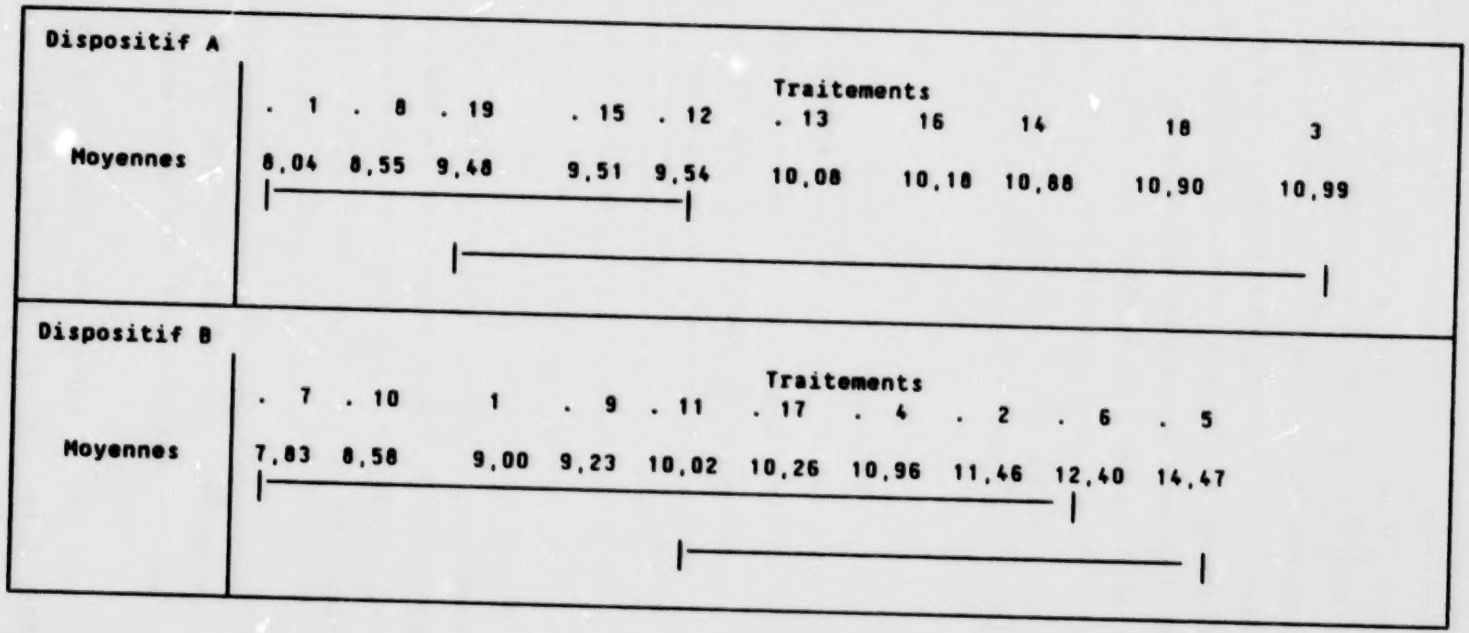


TABLEAU 4

RÉSULTATS DES ANALYSES DE VARIANCE ET DE COVARIANCE EFFECTUÉES SUR LES DONNÉES DENDROMÉTRIQUES DÉCENNALES PAR DISPOSITIF

Variables	Valeurs de *F*											
	Hauteur			Croissance en hauteur			Diamètre			Volume total		
	Trait[3].	Rép.[4]	Inter.[5]	Trait.	Rép.	Inter.	Trait.	Rép.	Inter.	Trait.	Rép.	Inter.
Dispositif A[1]												
Variance	1,5	3,5**	2,6**	1,9**	4,9**	2,1**	1,7*	2,9**	2,0*	1,6*	2,8**	1,9**
Covariance	2,6*	3,7**	1,1	2,6*	3,7**	1,1	3,7**	4,3**	1,0	4,8**	4,6**	1,0
Dispositif B[2]												
Variance	0,8	1,0	2,6**	1,8	0,8	2,0**	1,0	0,8	1,9**	1,0	0,5	2,5**
Covariance	1,8	0,7	1,0	1,8	0,7	1,0	3,0*	1,2	1,0	2,8*	0,7	1,0

[1] Pour le calcul du *F* significatif les nombres de degrés de liberté sont 9,62 (traitements), 7,62 (répétitions) et 62,192 (interactions)

[2] Pour le calcul du *F* significatif les nombres de degrés de liberté sont 9,26 (traitements), 3,26 (répétitions) et 26,89 (interactions)

[3] Traitement

[4] Répétition

[5] Interaction

* Significatif au niveau de probabilité de 95 p. 100

** Significatif au niveau de probabilité de 99 p. 100

résultats actuels on sait que le bénéfice de cette opération consisterait à gagner une classe de fertilité (Bolghari et Bertrand, 1984). Or, selon plusieurs auteurs cités dans Baule et Fricker (1969), les dépenses de fertilisation sont rentables lorsque cette opération permet justement de gagner une classe de fertilité. Ces auteurs signalent aussi que cette augmentation de production s'exprime souvent par un raccourcissement notable des délais de production. Signalons aussi que dans le cas présent, une partie des engrais pourrait être appliquée sous forme de boues d'égouts ou de lisier organique. Ces produits permettraient aussi de rehausser le taux de matière organique du sol. La fertilisation serait alors d'autant plus rentable qu'elle permettrait l'utilisation efficace de produits qui autrement coûtent cher à éliminer.

Observations sur l'état de santé des arbres

Les résultats de ces observations sont présentés au tableau 6. Ils montrent que la fertilisation n'a pas eu d'impact négatif sur le taux de mortalité des arbres ou sur celui des dommages causés par les insectes, les maladies ou le verglas. Ainsi durant ces dix dernières années, près de 20 p. 100 des arbres fertilisés ont été affectés par des dommages sur la tige (14 p. 100) et par la mortalité (6 p. 100). Dans le cas des arbres témoins, ce taux est de l'ordre de 21 p. 100 dont 4 p. 100 en mortalité.

Le tableau 6 montre cependant qu'il existe beaucoup de variations entre les résultats par traitement. Ainsi, 6 p. 100 des arbres fertilisés avec le traitement 75-150-25 (19 A) ont été affectés par des dommages sur la tige alors que ce taux est de 28 p. 100 pour les arbres fertilisés avec le traitement 100-100-100 (16 A). En moyenne, on a noté la présence d'insectes (pucerons, chenilles, etc.) sur près de 2 p. 100 des tiges alors que 4 p. 100 des tiges présentaient des anomalies (coloration du feuillage, aiguilles et pousses annuelles courtes, etc.) et qu'un peu plus de

TABLEAU 5

NOMBRE D'ARBRES MONTRANT DES SIGNES DE BLESSURES, DE DÉFICIENCE ET DE PRÉSENCE D'INSECTES, ET MORTALITÉ PAR TRAITEMENT ET PAR GROUPE DE TRAITEMENTS

Traitements				Nombre de tiges par types de blessures (p. 100)			Total		Mortalité	
N°	N	P	K	B	D	I	N	p. 100	N	p. 100
1A	0	0	0	13	3		5	16	-	-
1B	0	0	0	6	12		3	18	2	12
2B	50	0	0	6			1	6	1	6
3A	75	0	0	3	3	6	4	12	1	3
4B	100	0	0	6	6		2	12	-	-
5B	150	0	0	-	-		-	-	4	25
6B	250	0	0	12	6		3	18	1	6
7B	0	50	0	6			1	6	1	6
8A	0	75	0		12		4	12	3	9
9B	0	100	0	6			1	6	-	-
10B	0	150	0	12	12		4	24	-	-
11B	0	200	0	18			3	18	3	18
12A	50	50	50	9	3		4	12	4	12
13A	75	75	75	13	3	6	7	22	1	3
14A	75	75	25	3	6	3	4	12	1	3
15A	75	75	0	6	13	3	7	22	-	-
16A	100	100	100	16	6	6	9	28	-	-
17B	100	100	0	18			3	18	1	6
18A	150	75	25	9			3	9	2	6
19A	75	150	25	6			2	6	1	3
T(1A+1B)				11	6	-	8	17	2	4
N(2B+3A+4B+5B+6B)				6	3	2	10	11	7	7
P(7B+8A+9B+10B+11B)				7	6	-	13	13	7	7
NP(15A+17B)				11	8	2	10	21	1	2
NPK(12A+13A+14A+16A+18A+19A)				9	3	3	29	15	9	5
Fertilisé (2 à 19)				8	4	2	62	14	24	6

B: Blessures sur la pousse annuelle (tête cassée, tête morte, plusieurs têtes, baionnette, etc.).

D: Coloration du feuillage, aiguilles et pousses annuelles courtes, etc.

I: Présence d'insectes (pucerons, chenilles, etc.)

8 p. 100 des tiges ont été affectées par des blessures sur la pousse annuelle (tête cassée, tête morte, plusieurs têtes, baionnette, etc.).

Le taux de mortalité varie lui aussi fortement selon les traitements. Ce taux est minimum pour les traitements 1A, 4B, 15A et 16A (0 p. 100) alors qu'il est de 25 p. 100 pour les arbres fertilisés avec le traitement 5B (150-0-0).

Même si les résultats de ces observations montrent qu'il existe beaucoup de variations dans les dommages et la mortalité selon les traitements et les répétitions, il reste que l'état de santé général de cette plantation est satisfaisant. Il est évident toutefois que les dommages causés aux arbres ont affecté leur croissance causant ainsi des variations qui se sont reflétées dans les résultats des mesures dendrométriques. On a d'ailleurs dû exclure des compilations une partie des mesures concernant ces arbres car certains présentaient une croissance négative.

CONCLUSION

La fertilisation de cette jeune plantation de pin gris a permis de stimuler de façon significative la croissance des arbres. C'est l'azote qui a eu les effets les plus marqués. Le meilleur traitement consiste à appliquer 150 kg/ha d'azote. Dix ans après la fertilisation, les arbres qui ont reçu ce traitement sont plus hauts de 73 cm (15 p. 100) et plus gros (1,72 cm ou 29 p. 100) et leur volume est supérieur à celui des arbres témoins de plus de 6 dm^3 (73 p. 100). Ce traitement a permis de gagner une classe de fertilité.

Bien que les résultats ne concernent qu'une jeune plantation du Nord-Ouest sur sol sableux, ils montrent tout de même que la fertilisation est un moyen efficace de stimuler la croissance des pins gris.

Le niveau de fertilité du sol de cette plantation étant très faible, il sera intéressant de voir si les additions de phosphore et de potassium en plus de l'azote auront un impact plus durable sur la croissance des arbres que celui de l'azote seul. Il serait bon de vérifier aussi si ces traitements (N-P-K) seraient plus efficaces que l'ajout de N seul sur des plantations plus âgées.

Les résultats de cette étude ont permis de constater que la croissance des arbres en plantation tout comme celle des peuplements naturels varie fortement. L'analyse des résultats

par covariance s'avère alors un outil efficace pour faire ressortir les effets des traitements appliqués en atténuant l'importance des variations initiales de croissance. Pour réduire davantage ces variations, il serait bon de faire porter les mesures sur un plus grand nombre d'arbres par placette.

Les engrais n'ont pas eu d'effets marqués sur l'état de santé des arbres de cette plantation. En dix ans, les dommages causés par le verglas, les insectes ou les animaux ont affecté près de 14 p. 100 des tiges et en moyenne 5 p. 100 des arbres sont morts durant cette période.

RÉFÉRENCES

ANONYME, 1973. *Colloque international sur l'utilisation des engrais en forêt.* FAO-IUFRO. Min, Agr. Paris, 3 et 7 décembre 1973. Conclusions et recommandation du colloque, p. IX-XVI.

ANONYME, 1975. *Possibilités des terres pour la forêt. Carte Noranda-Rouyn 32 D.* Env. Can., Dir. Gén. Terres, N° de catalogue En 6413-32D.

BAULE, H et C. FRICKER, 1969. *La fertilisation des arbres forestiers.* BLV Verlagsgesellschaft Mbh, München, 256 p.

BERTRAND, V., 1987. *Tarifs de cubage pour les plantations résineuses.* Rap. int. en préparation.

BOLGHARI, H.A. et V. BERTRAND, 1984. *Tables préliminaires de production des principales essences résineuses plantées dans la partie centrale du sud du Québec.* Québec, M.E.R., Serv. de la rech. for., mémoire n° 79, 392 p.

CAMIRÉ, C. et B. BERNIER, 1981. *Fertilisation azotée en forêt de pin gris* (Pinus banksiana). *III Croissance du pin gris.* Can. J. For. Res. 11:432-440.

COMMISSION CANADIENNE DE PÉDOLOGIE, 1978. *Le système canadien de classification des sols.* Publ. 1646, Min. Agr. Canada. Approvisionnements et Services Canada, Ottawa.

FORTIN, Y. et G. PAQUET, 1986. *Statistiques et coûts sur les opérations de plantation et les travaux connexes (Forêts publiques) 1985-1986.* Québec, M.E.R., Serv. régén. for., 58 p.

HOUDE, A., 1978. *Atlas climatologique du Québec. Température, Précipitation.* Min. Richesses Naturelles, Gouv. Québec.

KIRK, R.E., 1968. *Experimental design: procedures for the behavioral sciences.* Belmont, California, Brooks Cole, 577 p.

KRAUSE, H.H, G.F. WEETMAN, E. KOLLER et J.-M. VEILLEUX, 1982. *Programme interprovincial de fertilisation des forêts. Résultats des remesurages de l'accroissement quinquennal.* Env. Can., Serv. Can. For., Rapp. Inf. DPC-X-12, 55 p.

MORISSON, I.K., F. HEGYI, N.W. FOSTER, D.A. WINSTON et T.L TUCKER, 1976. *Fertilizing semimature jack pine (Pinus banksiana Lamb.) in northwestern Ontario: Fourth-year results.* C.F.S. Dept. of the Env., Rep. O-X-240, 42 p.

ROWE, J.S., 1972. *Les régions forestières du Canada.* Min Env., Serv. Can. For., Publ. 1300 F, 172 p.

SHEEDY, G, 1982. *Essai de fertilisation dans une jeune plantation de pin gris. Résultats de cinq ans.* Québec, M.E.R. Serv. de la rech. for., Mémoire n°83, 32 p.

SHEEDY, G, 1986. *Quelques résultats de fertilisation dans deux plantations de pin gris du centre du Québec.* Québec, M.E.R. Serv. de la rech. for. Note n° 29, 17 p.

THIBAULT, M, 1985. *Les régions écologiques du Québec méridional. Deuxième approximation.* Québec, M.E.R. Serv. de la rech. et Serv. de la carto. Carte.

WALSH, L.M., 1971. *Instrumental methods for analysis of soils and plant tissue.* Soil Sci. Soc. of America. Madison, Wisconsin, U.S.A., 222 p.

WEETMAN, G. F. et R.M. FOURNIER, 1984. *Ten-year growth results of nitrogen source and interprovincial experiments on jack pine.* Can. J. For. Res. 14: 424-430.

L'amenagement intensif des forêts naturelles et artificielles devra être de plus en plus utilise pour combler nos besoins toujours grandissants en produits forestiers. La fertilisation des peuplements peut être un moyen assez simple d'accroître la production des forêts du Quebec C'est pourquoi le ministère de l'Energie et des Ressources, par l'entremise de son Service de l'amélioration des arbres, poursuit une serie de travaux de recherche et de developpement sur la fertilisation des forêts.

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Énergie
et des Ressources (secteur Forêts)
Direction de la recherche
et du développement

O.D.C. 232.425.2(047.3)(714)
L.C. SD 396 .P66
MER 5310-92